

# 实用解决方案的示范

## 放射性废物管理培训

SOPHIA MIAW, VILMOS FRIEDRICH,  
RUDOLF BURCL 和 T. TREVOR EDWARDS

对放射性废物实施安全而良好的管理在世界各地变得越来越重要。无论一个国家对于核问题的态度如何，都普遍认为有必要对积累的和新产生的放射性废物进行安全管理。对放射性废物的适当管理，是影响公众对核能的感性认识的重要因素。

IAEA 在此领域帮助成员国的一种方法是，通过安全标准和技术性文件来传播信息。这些标准和文件，都基于广泛接受的标准和良好的运行实践。

许多国家正在建立废物处理中心。在使用核能发电的国家中，这些废物处理中心将向某一特定电厂或一系列核设施提供服务。如果该国只在同一个厂区运行几座动力堆，或如果研究堆运行和同位素应用是唯一的放射性废物源，那么对整个国家

而言，一座中央设施可能是首选方案。经济资源有限和核计划规模相对较小的欠发达国家，往往在建立中央废物处理中心方面寻求 IAEA 的帮助和支持。

通常，IAEA 的支持包括不同类型的技术援助。通过 IAEA 文件、专家组和培训提供经验证的和技术上良好的信息，是最常用的方式。此外，还经常将必要的设备和技术提供给受援国家。但是，在许多情况下，并非所有努力都能产生预期的结果。对许多发展中国家而言，一个非常显著的问题是，缺乏适当运行可供使用的设备和设施的实际经验和技能。

鉴于这个事实，IAEA 决定为直接参加放射性废物处理设施和/或专门设备运行的人员组织系统的实际操作培训。涉及的典型科目包括

废物处理设施的运行，表征原废物和整备废物专用的化学和放射分析方法，以及废物处理的运行控制。小组培训有助于促进经验和好的工作方法从教员到学员的和在学员之间的传授。因此，它已成为向废物管理运营者提供实践经验的效率最高的方法。

### 实际操作示范

1995 年，IAEA 废物管理科开始就“处置前放射性废物管理方法和程序”进行若干示范活动。自 1996 年以来，这项工作一直通过 IAEA 的“放射性废物管理可持续技术”跨地区示范项目提供

---

Miaw 女士、Friedrich 先生和 Burcl 先生是 IAEA 核燃料循环和废物技术处职员。Edwards 先生是 IAEA 技术合作司职员。



## IAEA 废物示范培训

来自 50 个国家的学员参加了 IAEA 有关放射性废物管理处置前方法和程序示范。迄今,已在土耳其、智利、菲律宾和俄罗斯联邦的 4 个场所实施了 13 次示范。

■ **土耳其示范参加者**来自阿尔巴尼亚、塞浦路斯、格鲁吉亚、加纳、希腊、伊朗、牙买加、约旦、黎巴嫩、前马其顿南斯拉夫共和国、摩尔多瓦、摩洛哥、罗马尼亚、沙特阿拉伯、斯洛文尼亚、苏丹、叙利亚、突尼斯以及土耳其。

■ **智利示范参加者**来自玻利维亚、智利、哥伦比亚、哥斯达黎加、古巴、厄瓜多尔、萨尔瓦多、危地马拉、尼加拉瓜、巴拿马、巴拉圭、秘鲁、乌拉圭以及委内瑞拉。

■ **菲律宾示范参加者**来自孟加拉国、印度尼西亚、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、斯里兰卡、泰国以及越南。

■ **俄罗斯联邦示范参加者**来自亚美尼亚、白俄罗斯、保加利亚、爱沙尼亚、格鲁吉亚、哈萨克斯坦、拉脱维亚以及乌兹别克斯坦。

要,而且能满足国际认可的标准和准则。

迄今已在 4 座设施中进行示范,即土耳其伊斯坦布尔的切克梅杰核研究和培训中心、智利圣地亚哥的 Lo Aguirre 核研究中心、菲律宾马尼拉的菲律宾核研究所、以及与俄罗斯联邦谢尔杰耶夫·波萨德的莫斯科科学工业公司“RADON”合作在 A. A. Bochvar 全俄无机材料研究所。

在土耳其和菲律宾,示范用英语进行,参加者来自欧洲、西亚、非洲和东亚的成员国。在智利,示范用西班牙语进行,参加者来自拉丁美洲国家。在俄罗斯,示范用俄语进行,主要面向来自东欧和前苏联国家的参加者。

### 技术内容和培训方法

示范计划的主要目标是为参加者提供管理低放固体和液体废物以及短寿命废密封源的实践经验。示范的方法和技术是根据参加者及其国家的具体需要选定的。它们虽然相对简单,但是被国际上认为是安全和经济的。

培训计划以模块形式组织,这为满足国家的特定需求、增加可供选择的方法和程序、以及引入最新的技术改进成果提供了足够的灵活

资金和实施。

示范的目标是向成员国的废物管理人员示范一些已在 IAEA 技术文件中公布并普遍获得国际废物管理界认可的废物管理方法和程序,并以在现场处理真实的放射性废物得来的实践经验补充理论知识。一般优先为这样的成员国设计这种技术安排:它们不得不管理数量较少的废密封放射源和由研究堆运行与核技术在医疗、工业及科研中的应用产生的数

量有限的中低放固体和液体废物。这些示范旨在改进放射性废物管理系统的一个或多个运行部分,以便满足国际认可的标准和准则。

该项目一直以地区为基础,在存在着与目标国家同样问题的国家的运行中的废物处理和贮存设施中实施。它的一个目标是表明能够在一定基础设施内,按照实际需要,同时对放射性废物进行管理,同时不会增加不必要的财政负担或对先进技术的需



性。培训计划不但涵盖了整个废物管理循环,即从废物产生者处收集废物到分离、处理和贮存废物,再到纪录保存、质量保证和质量控制,还适当涵盖了相关的辐射防护和安全问题。示范持续时间一般为2—3周,视所取模块而定。

每次示范的参加者人数都有限,因此每个人都有足够的机会做尽可能多的练习。迄今示范课程的经验表明,任何课程的参加者最多不应超过10人。通常邀请3—4个国家各派2名参加者参加示范。

预计每名参加者在参加

示范前都要接受辐射防护培训,并对核科学和技术有基本了解。有关核科学和技术的知识不一定来自学院的课程设置。许多技术员一级的人员具有足以从参加示范中受益的知识。

在每次示范前都向参加者提供一套文件,以便使其对即将实施的示范演习有基本了解。此外,还提供一套用于记录测量结果和记录保存的表格。在特定情况下,所提供文件中反映的经验和良好的工作方法,成为在学员的家乡机构中实施适当废物管理程序的合理基础。

培训形式有简短讲座、

课堂练习和实际操作,重点是为所有参加者提供实际操作活动。为提高参加和学习的积极性,示范包括一些提问式学习方案,涉及设施特有设备、技术以及实际放射性废物。

**提问式学习方案和实践练习** 提问式学习方案被用作具体示范过程中指导参加者的高效工具。教员同时评价和评估参加者在主题方面的知识和了解,并根据要求

---

照片:IAEA 通过示范项目正在支持来自核应用放射性废物处理的实际操作培训。(来源:V. Friedrich/IAEA)

对方案进行改动,以确保培训获得最佳效果。

标准方案是首先对问题或情况进行简要介绍和根据具体场地发表一些评论,以增加参加者的兴趣和了解。然后请参加者以个人或小组形式回答一系列问题。这些问题是为帮助他们进行预定的思维过程而设计的。在一节培训课结束时,教员一般鼓励学员就各种技术问题进行讨论,以便补充学员未掌握的知识。基本和复杂的概念知识都可通过这种积极的学习方法得到有效交流。

例如,在有关废密封源管理的学习方案中,一个引导性问题是要求参加者指出潜在的放射学危害和照射的途径,以确保此类基本问题能够得到考虑。另外就安全而有效地加工和处理有关废物所需的必要知识提出一些问题。此类典型问题涉及废密封源的同位素含量、活度以及物理形式,预计参加者通过估算/计算和测量获得的知识来完成这项练习。

为了提高学员的决策能力和独立性,要求每个参加者使用专门数据表单独写下他的方案。接着,教员进行协调工作,使每个参加者都加入小组讨论,并提出正确的

解决方案/答案。这样,参加者在教员直接指导下获得所需的知识,而学习过程将继续进行,直到完成任务为止。

安排足够的时间进行废物管理实际操作练习。对每个参加者来说,实践课是在受监督的工作环境中接收、识别、表征、处理或贮存真实放射性废物的机会。实践练习包括识别常见错误、问题或发现的缺陷。每次练习的范围还包括相关实践,例如使用适当的个人防护设备、剂量测定,以及放射学健康调查。对每次练习而言,完成所有与每道程序相关的必要文件是必不可少的。到课程结束时,每个参加者都有一整套记录课程中实施的所有活动的说明和数据表,供以后参考。

**主要成果** 迄今已实施13次示范,其中5次在土耳其,4次在智利,2次在菲律宾,2次在俄罗斯。到2000年底,已有来自50个国家的100多名参加者参加示范。根据已获得的信息,他们中大部分仍是废物管理运营者或在国家监管机构工作。若干参加者一直与IAEA保持联系,有的征求有关废物管理课题的进一步技术建议,有的对特定的IAEA活动作

出贡献。

许多参加者一直在国家项目,尤其是其废物处理中心建设中使用已获得的知识 and 技能。他们经常为IAEA与成员国提供高效的交流渠道。以前参加过示范的人员已启动几个国家技术合作项目,这些项目将为他们的国家带来更多的利益。

旨在拓展示范范围和方法的工作正在进行。计划包括引入,强调放射性废物管理中的质量管理和质量控制问题的改进版示范课程。

## 放射性废物的分析和控制

在提供有关废物处置前的方法和程序的示范课程的同时,IAEA还提供旨在改进放射性废物控制和表征的实际操作培训。

对原废物特征有充分的了解,是选择适宜处理技术的必备条件。经过整备的废物特征同样重要,对于宣布废物包是否满足贮存和未来处置要求时尤其如此。

还必须从放射性核素含量的角度,小心控制核设施的其它废物流。典型的例子是,核设施对环境 and 人群有潜在不利影响的排

废物。

没有一种技术能够独自满足所有这些要求。尽管 $\gamma$ 射线能谱测量法获得了广泛使用,但它没有满足监管机构日益增加的期望和要求的能力。为获得所需的信息,还需要使用更复杂的 $\alpha$ 射线能谱测量法、低水平 $\alpha$ - $\beta$ 计数法、液体闪烁计数法及其它专门方法。这些方法离不开适当的仪器,同时要求所涉人员在测量用样品的放射化学制备方面有详尽的知识和技能。

IAEA一直在采用系统方法(例如组织比对试验)来提高被选定分析实验室提供正确和经核实的放射分析信息的能力。但是,由于各种原因,发展中国家仅有不多的实验室能够参加这些练习。最近的专家组出访结果清楚地表明,尽管有了可用的仪器,大部分实验室仍不能完成正确的和经核实的“测量前”操作,以获得可靠结果。因为实验室缺乏制备样品的经验和技能,分析往往只流于形式,没有正确性和准确性保证。

在一些国家,缺乏适当放射分析能力甚至已经导致降低对核设施运营者和/或

废物产生者的一些重要监管要求;这可能对未来产生负面和不可扭转的后果。

为帮助各国提高废物管理分析能力,IAEA开始对各类人员进行实验室实际操作培训。受训人员包括直接参加废物实验室放射化学分析人员和核设施控制实验室的工作人员。

**培训的内容和范围** 这种实际操作培训的技术内容和范围基于对目标国家状况的详细分析,以满足其特殊需求。培训计划是根据厂区已有和机构提供的设备制订的。

鉴于需要传授的专门知识和技能,培训课程一般为期2个月。学员是在参加技术合作项目的国家向IAEA提出的进修培训申请的基础上仔细挑选的。在所有情况下,IAEA都将考虑其专家就候选者及其工作岗位提出的建议。

培训分为2个部分。第一部分主要面向理论知识并提供放射化学分析技术的基本技能。它包括讲座和在有经验的教员指导下进行实际实验室练习。第二部分主要面向各种放射化学技术的实际操作培训。这部分培训将

在运营实验室中用真实废物样品以及预计参加者将作为实际事项加以处理的其它介质进行。此外,还提供有关特定类型的核设施及实验室的组织、运行、安全和管理的信息。

计划不可或缺的组成部分是有关记录保存和质量保证课程。参加者还在编写其实验室运行手册和为每一特定目的制定分析程序方面接受培训。此外,还将向参加者提供一套基础文件,供在其实验室建立和启动工作过程中应用。

IAEA于2001年初引入这种培训,拟在捷克共和国为来自3个国家的7名参加者举办这种课程。将对培训结果加以评估,作为进一步实施该培训方法的一个步骤。

迄今,IAEA的经验表明,示范和其它形式的实际操作培训是传播有关放射性废物安全和适当管理技术信息和知识的有效途径。尤其是,此类小组培训使参加者能够共享经验并在学员之间、与教员和讲师之间建立工作联系——这些都是对加强放射性废物管理国家十分重要的实际利益。 □